

Requested document:	<a href="#">JP2003115705 click here to view the pdf document</a>
---------------------	--

**MICROSTRIP BOARD**

Patent Number: JP2003115705  
Publication date: 2003-04-18  
Inventor(s): MIYANAGA TOMOMASA; KOMURA OSAMU  
Applicant(s): SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
Requested Patent: ☐ [JP2003115705](#)  
Application Number: JP20020007096 20020116  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01P3/08  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a microstrip board which reduces the high frequency transmission loss and is superior in airtightness and heat resistance.

**SOLUTION:** The microstrip board comprises a board 1, a microstrip line 3 of a conductor formed on the board 1 surface, and a base layer 5 including at least a metal plate or a metallized layer formed on the backside of the board 1. The board 1 contains a ceramic porous material having a porosity of 30% or more and a blind pore ratio of 50% or more to the total number of pores.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-115705

(P2003-115705A)

(43) 公開日 平成15年4月18日 (2003. 4. 18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 P 3/08

識別記号

F I

H 0 1 P 3/08

テーマコード\*(参考)

5 J 0 1 4

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-7096 (P2002-7096)  
(22) 出願日 平成14年1月16日 (2002. 1. 16)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-232233 (P2001-232233)  
(32) 優先日 平成13年7月31日 (2001. 7. 31)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

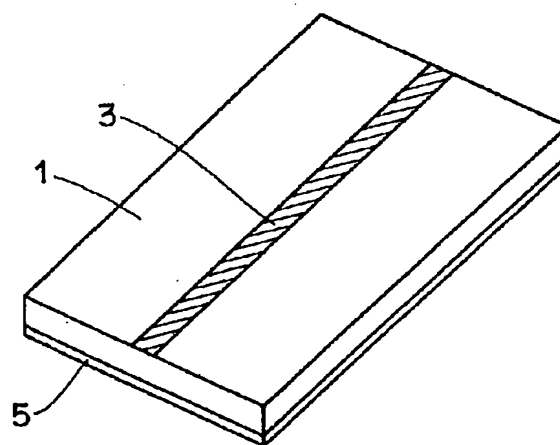
(71) 出願人 000002130  
住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
(72) 発明者 宮永 倫正  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内  
(72) 発明者 小村 修  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内  
(74) 代理人 100064746  
弁理士 深見 久郎 (外4名)  
Fターム(参考) 5J014 CA00

(54) 【発明の名称】 マイクロストリップ基板

(57) 【要約】

【課題】 高周波の伝送損失を低減し、かつ気密性および耐熱性に優れたマイクロストリップ基板を提供する。

【解決手段】 本発明のマイクロストリップ基板は、基板1と、基板1の表面に形成された導体よりなるマイクロストリップライン3と、基板1の裏面に形成された金属板およびメタライズ層の少なくともいずれかを含むベース層5とを備えている。基板1は、気孔率が30%以上で、全気孔中の閉気孔の割合が50%以上のセラミックス多孔体を含んでいる。



1: 基板  
3: マイクロストリップライン  
5: ベース層

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 基板と、

前記基板の表面に形成された導体よりなるマイクロストリップラインと、

前記基板の裏面に形成された金属板およびメタライズ層の少なくともいずれかを含むベース層とを備え、

前記基板は、気孔率が30%以上で、全気孔中の閉気孔の割合が50%以上のセラミックス多孔体を含んでいて、マイクロストリップ基板。

【請求項2】 前記ベース層は、ガラス基板と、前記ガラス基板の表面に形成された前記メタライズ層と、前記ガラス基板の裏面に形成された第2のメタライズ層とを有し、

前記メタライズ層が前記基板の裏面に接するように配置されている、請求項1に記載のマイクロストリップ基板。

【請求項3】 前記セラミックス多孔体は、気孔率が50%以上で、全気孔中の閉気孔の割合が80%以上である、請求項1または2に記載のマイクロストリップ基板。

【請求項4】 前記セラミックス多孔体が、酸化アルミニウム、窒化珪素および窒化アルミニウムからなる群より選ばれた少なくとも1種を含むセラミックスから形成される、請求項1～3のいずれかに記載のマイクロストリップ基板。

【請求項5】 前記セラミックス多孔体の任意の断面において、互いに隣り合う2つの空孔のそれぞれの半径 $r_1$ 、 $r_2$ とセラミックス部分の幅 $b$ とが、 $(r_1 + r_2) / b > 1$ の関係を満たす、請求項1～4のいずれかに記載のマイクロストリップ基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、1GHz以上、特に30GHz以上の高い周波数の導波路を形成するために用いられるマイクロストリップ基板に関し、より特定には基板の表面に導体よりなるマイクロストリップラインが形成されたマイクロストリップ基板に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】従来の高周波回路基板としては、たとえば、倉石源三郎著、「詳解 例題・演習マイクロ波回路」1983年東京電機大学出版局発行、特開平6-244298号公報に示されるように、パッケージと集積回路(IC)を接続するための中継基板や、基板上にICや抵抗、コンデンサなどを実装したハイブリッドIC用基板として誘電体基板が用いられている。このような用途の誘電体基板の材料として、アルミナ( $Al_2O_3$ )、ガラス、エポキシ樹脂などが用いられている。

【0003】このような材料の中でマイクロ波やミリ波

などの高い周波数域の用途では、基板の材料としては、ほとんどアルミナが採用されている。アルミナが採用される理由としては以下の点が挙げられる。

【0004】(i) ガラスや、エポキシ樹脂などの樹脂系材料は、アルミナに比べて低い比誘電率を示すが、250℃程度の耐熱性しか示さない。そのため、一般的にマイクロ波用ICを接合するために用いられるろう材としてのAu-Sn合金の接合温度(320℃程度)に耐えることができない。

【0005】(ii) 有機系材料からなる基板を用いると、誘電正接( $\tan \delta$ )がセラミックス系の材料に比べて10～100倍であるため、伝送損失が大きくなる。

【0006】また、特にコンピュータ用マザーボードの伝搬遅延時間を減少させるために、種々の誘電体基板を採用する試みがなされている。その基板材料は、従来のセラミックス(アルミナ)にガラスや樹脂などの比誘電率の低い材料を混合したものである。

【0007】しかしながら、ガラスを混合する場合、その比誘電率が4～5、最低でも3.5であるため、伝搬遅延時間を減少させるために基板の比誘電率を低くするには限界があった。また、樹脂系の材料を混合する場合、主材料としてのアルミナが有する耐熱性を低下させるという問題があった。

【0008】さらに、特開平3-93301号公報や特開平5-182518号公報で開示されている例によれば、多孔質のプラスチックやポリマ樹脂という有機系の材料が誘電体基板の材料として用いられている。しかしながら、このような材料を用いることにより、信号伝達遅延時間などの伝送損失を低減するために基板の比誘電率を低くすることができたととしても、ICチップなどを接合するための耐熱性を備えることはできない。

【0009】ところで、従来から、マイクロ波やミリ波などの高い周波数域でアルミナからなる誘電体基板が用いられているが、アルミナはその比誘電率が約9～10と非常に大きいため、以下の問題がある。

【0010】(a) 比誘電率が1の空気と接する回路基板の部分において比誘電率の差が大きいため、電磁波の不要モードが発生し、伝送損失を生じる。

【0011】(b) ミリ波などの高い周波数域では、導波管よりも小型化可能な誘電体導波路が集積回路の基本要素として使用される。誘電体導波路には多くの種類があるが、集積化に適した平面構造の基本型として、マイクロストリップ線路が採用される。

【0012】このようなマイクロストリップ線路では、ストリップ導体が隣接して誘電体基板の上に形成された場合、隣接導体間の結合容量が大きくなり、相互干渉を起こしやすいという問題がある。

【0013】(c) またマイクロストリップ線路において特性インピーダンスを50Ωに設定しようとする

と、誘電体基板の厚みとストリップ導体の線幅を1対1に設定する必要がある。そのため、薄い膜厚の誘電体基板を用いた場合、ストリップ導体の線幅が細くなってしまふ。その結果、そのストリップ線路における伝送損失が大きくなると同時に、線幅の精度が特性インピーダンスの変動に与える影響が大きという問題がある。

$$a = \frac{1 + 1/\epsilon_r}{2}, \frac{\Delta W}{t} = \frac{1}{\pi} \left[ 1 + \ln \frac{4}{\sqrt{\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left\{ \frac{1}{\pi \left(\frac{W}{t} + 1.1\right)} \right\}^2}} \right]$$

$$W' = W + a\Delta W, b = \left( \frac{14 + 8/\epsilon_r}{11} \right) \left( \frac{4h}{W'} \right)$$

$$Z_0 = \frac{42.4}{\sqrt{\epsilon_r + 1}} \ln \left\{ 1 + \left( \frac{4h}{W'} \right) \left( b + \sqrt{b^2 + a\pi^2} \right) \right\}$$

【0016】ここで、 $\epsilon_r$ は基板の比誘電率、 $W$ は線路導体（ストリップ導体）の幅、 $t$ は線路導体の厚み、 $h$ は誘電体基板の厚みを示す。

【0017】(d) マイクロストリップ線路における伝送損失、具体的には減衰定数 $\alpha$ は、上記の文献の第189頁によれば、以下の式で与えられる。

【0018】

【数2】

$$\alpha = \frac{72K}{WZ_0} \sqrt{\frac{f}{\sigma T}} + 91f \sqrt{\epsilon_{eff}} \frac{1 - (1/\epsilon_{eff})}{1 - (1/\epsilon_r)} \tan \delta [dB/m]$$

【0019】ここで、 $\epsilon_{eff}$ は線路の実効比誘電率、 $\epsilon_r$ は誘電体基板の比誘電率、 $\tan \delta$ は誘電正接、 $\sigma T$ は導体の比導電率（国際標準軟銅（ $\sigma = 5.8 \times 10^7$  [s/m]）を1とした導体の比導電率）、 $K$ はストリップ線路の断面構造と周波数によって決定される係数を示す。

【0020】上の式から明らかなように、伝送損失、すなわち減衰定数 $\alpha$ は比誘電率 $\epsilon_r$ 、誘電正接 $\tan \delta$ 、周波数 $f$ に比例して増大する。このことから、ミリ波のような高い周波数域では、伝送損失を低減するためには、比誘電率のできるだけ小さい材料が基板材料として選ばれる必要がある。しかしながら、アルミナは、その比誘電率が9~10と大きいため、伝送損失が大きくなる。

【0021】また、組立時のハンドリングなどを考慮すると、マイクロストリップ基板の強度は一定値以上であることが必要である。

【0022】これらの課題を解決するものとして、たとえば特開平8-228105号公報には、誘電体基板に、開気孔を有する多孔質セラミックスを用いる技術が示されている。しかし、このような開気孔の多孔質セラミックスを用いた場合でも、以下のような問題点があ

【0014】なお、特性インピーダンス $Z_0$ は、上記の「詳解 例題・演習マイクロ波回路」第187頁によれば、以下の式で計算され得る。

【0015】

【数1】

る。

【0023】(1) 気密性および誘電体損失

(i) 開気孔であるため、吸水率の制御が難しく、時には水蒸気の溜め込みなどによりセラミックス特有の信頼性の低下が生じる。特に高周波域において、微量の吸湿成分や、表面に生成したOH基は著しい誘電損失の要因となる。これは、1GHz以上の周波数域において水の誘電正接 $\tan \delta$ が0.1~1と著しく大きいためであり、この場合、誘電率が低下しても誘電損失が増大するからである。

【0024】(ii) 高周波パッケージ部材などにおいては、気密封止が必須となる。しかし、開気孔の多孔質材は気密性を有しておらず、さらに使用時の吸着ガス放出などの懸念があるため、気密性が必要な用途には使用できない。

【0025】(2) 面粗度

開気孔の多孔質体の場合、表面を加工しても平坦化することが困難なため、表面凹凸からの放射損が生じたり、表面導体における導体損が大きくなり、精密な回路形成が難しい。

【0026】(3) ピアホール

基材中にスルーホールを形成し、金属ペーストを充填する場合、基材が開気孔の多孔質体であると、金属ペーストがスルーホール以外の部分へ侵入して絶縁抵抗が低下したり導体損が増大する。

【0027】このような多孔質体の問題点の一部を解決するために緻密体を併用して用いる方法が、たとえば特開平4-88699号公報、特開平4-125990号公報などに開示されている。しかし、これらの手法では緻密体により多孔質体の強度が補われても、気密性を完全に確保することは困難であり、また一旦生成した表面基や吸湿による誘電損失の増大を避けられない。さらに緻密質層と多孔質層とでは収縮率が異なるため、これら

を積層したり組合せて用いる場合には応力や亀裂発生の一因となる。

【0028】また、多孔質材を樹脂中に分散させるか、または多孔質体に樹脂を含浸させて用いる手法が、たとえば特開昭64-33946号公報、特開平3-177376号公報に開示されている。しかし、樹脂を用いると耐熱性が低下すること、また樹脂を用いるため高い気密性が得られず、セラミックス単体と比較して誘電損失も比較的高くなる。また添加する多孔質材に表面処理などの特殊な処理が必要となる。

【0029】それゆえ、本発明の目的は、高周波の伝送損失を低減し、かつ気密性、耐熱性に優れたマイクロストリップ基板を提供することである。

【0030】

【課題を解決するための手段】本発明のマイクロストリップ基板は、基板と、その基板の表面に形成された導体よりなるマイクロストリップラインと、基板の裏面に形成された金属板およびメタライズ層の少なくともいずれかを含むベース層とを備え、基板は、気孔率が30%以上で、全気孔中の閉気孔の割合が50%以上のセラミックス多孔体を含んでいる。なお気孔率とは、基板の体積中に占める空隙の割合のことである。

【0031】本発明のマイクロストリップ基板では、基板にセラミックス多孔体が用いられている。これにより、500℃以上の耐熱性を有する基板を提供することができる。また、セラミックス多孔体の気孔率を制御することにより、従来のガラス( $\text{SiO}_2$ )の比誘電率よりも小さい比誘電率を有する基板を実現することができる。

【0032】セラミックス多孔体の気孔率は30%以上である。気孔率が30%未満であると、セラミックス多孔体の材料によっては、その比誘電率がシリカガラス( $\text{SiO}_2$ )本来の比誘電率よりも大きくなり、従来のガラスからなる誘電体基板よりも低い比誘電率を実現することができないからである。

【0033】また全気孔中の閉気孔の割合は50%以上であるため、吸水率の制御が容易であり、吸水などによる誘電損失を低減することができるとともに、気密封止が容易となるため気密性が必要な用途に使用することもできる。また、閉気孔の割合が50%以上と高いため、表面を平坦に加工することが容易であり、表面凹凸からの放射損や、表面導体における導体損を抑制することができる。さらに、スルーホールを形成した場合でも金属

ペーストがスルーホール以外の部分へ侵入することも抑制でき、それによる導体損を抑制することもできる。

【0034】また、閉気孔の割合が50%以上であるため、樹脂、有機物など損失や気密性阻害の要因となる成分を含有することなく、高周波の伝送損失を低減しつつ気密性および耐熱性に優れたマイクロストリップ基板を得ることができる。

【0035】また、基板の裏面にベース層が設けられているため、このベース層によって基板の強度を大きく補強することができる。それゆえ、多孔体の如き強度の低い材料であっても、ベース層を設けることにより組立時のハンドリングに必要な一定の強度を確保することが可能となる。

【0036】上記のマイクロストリップ基板において好ましくは、ベース層は、ガラス基板と、そのガラス基板の表面に形成されたメタライズ層と、ガラス基板の裏面に形成された第2のメタライズ層とを有し、メタライズ層が基板の裏面に接するように配置されている。

【0037】このようにベース層には、多孔体の強度の補強などを目的として、種々の構成のものを用いることができる。

【0038】上記のマイクロストリップ基板において好ましくは、セラミックス多孔体は、気孔率が50%以上で、全気孔中の閉気孔の割合が80%以上であり、より好ましくは90%以上である。

【0039】これにより、樹脂、有機物など損失や気密性阻害の要因となる成分を含有せずに、さらに高周波の伝送損失を低減し、かつ気密性および耐熱性に優れたマイクロストリップ基板を形成することができる。

【0040】上記のマイクロストリップ基板において好ましくは、セラミックス多孔体が、酸化アルミニウム、窒化珪素および窒化アルミニウムからなる群より選ばれた少なくとも1種を含むセラミックスから形成される。

【0041】これらの材料の選択は、機械的強度、誘電正接( $\tan \delta$ )、耐熱性の観点からなされる。また基板を構成するセラミックスは、上記の中から2種以上の材質を複合することによって形成されてもよい。

【0042】なお、セラミックス多孔体の材料としてアルミナ、窒化珪素、酸化珪素を用いた場合、以下の表に示されるように原理的には、気孔率に従って比誘電率を低下させることが可能である。

【0043】

【表1】

気孔率 A ε <sub>r</sub>	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
TiO <sub>2</sub> (10)	9	7.9	6.3	5.1	4	3.2	2.5	1.9	1.6	1.2
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> (7)	6.4	5.8	4.7	3.9	3.2	2.6	2.2	1.8	1.5	1.2
SiO <sub>2</sub> (3.5)	3.3	3.1	2.7	2.4	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1

【0044】上記のマイクロストリップ基板において好ましくは、セラミックス多孔体の任意の断面において、互いに隣り合う2つの空孔のそれぞれの半径  $r_1$ 、 $r_2$  とセラミックス部分の幅  $b$  とが、 $(r_1 + r_2) / b > 1$  の関係を満たす。

【0045】このような構成とすることにより、さらに誘電損失を低減することができる。

【0046】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

【0047】図1、図2および図3は、本発明の一実施の形態におけるマイクロストリップ基板の構成を概略的に示す斜視図、平面図および側面図である。図1～図3を参照して、マイクロストリップ基板は、基板1と、マイクロストリップライン3と、ベース層5とを有している。基板1の表面には、直線状にマイクロストリップライン3が形成されている。また基板1の裏面全面には、ベース層5が形成されている。

【0048】基板1は、セラミックス多孔体よりなり、たとえば酸化アルミニウム、窒化珪素および窒化アルミニウムを単独または任意の組合せで含むセラミックスからなっている。またマイクロストリップライン3は、たとえば金 (Au) をメタライズすることにより形成されており、ベース層5はたとえばコパール板よりなっている。

【0049】基板1の長手方向の寸法はたとえば5mmであり、短手方向の寸法はたとえば2mmであり、厚みはたとえば0.25mmである。またマイクロストリップライン3の線幅はたとえば1mmであり、ベース層5の厚みはたとえば0.1mmである。

【0050】基板1の多孔質セラミックスは、図4に模式的に示すように閉気孔をなす中空部1aを有する構造となっているため、緻密質部分（骨格部）1がネットワーク状に連続した構造となる。基板1は、気孔率が30%以上の多孔質であり、全気孔中の閉気孔の割合が50%以上である。また基板1は、気孔率が50%以上で、全気孔中の閉気孔の割合が80%以上であることが好ましく、さらに全気孔中の閉気孔の割合が90%以上であることが好ましい。また図4に示すセラミックス多孔体の任意の断面において、互いに隣り合う2つの空孔1aのそれぞれの半径  $r_1$ 、 $r_2$  とセラミックス部分の（緻密質部分）の幅  $b$  とが、 $(r_1 + r_2) / b > 1$  の関係

を満たすことが好ましい。

【0051】なお、従来の基板1に用いられる多孔質セラミックスの構造は、図5に示すように複数の粒子101aが結合され、それらの粒子101a間が気孔となった開気孔の構造を有しており、本実施の形態の開気孔の構造とは異なる。

【0052】次に、本実施の形態のマイクロストリップ基板の製造方法について詳述する。まず本実施の形態のマイクロストリップ基板に用いられる基板1の多孔質セラミックスは以下のように形成される。

【0053】基板1の多孔質セラミックスは、金属粉末と焼結助剤粉末とを準備する工程と、これらの粉末を混合し混合粉末とする工程と、その混合粉末を成形して成形体とする工程と、その成形体を窒素または酸素の存在する雰囲気下で焼結し、金属窒化物または金属酸化物の焼結体とする工程とを含む方法によって得られる。

【0054】閉気孔は、セラミックスの前駆体である金属粉末を中空化することによって得られる。相対密度と全気孔中の閉気孔との割合は、出発原料である金属粉末の粒度によって制御することができる。金属粉末としては、市販の高純度金属粉末を用いることができる。しかし、金属粉末の表面には、自然酸化膜やその後の熱処理により熱酸化膜が形成される。酸化物セラミックス以外の場合は、これらの酸化膜の量によって中空化の度合いが著しく変化するので、金属粉末中の酸素量の制御が重要である。酸素量は、金属酸化物に換算して、0.4mol%以上1.5mol%以下の範囲のものを選択することが望ましい。

【0055】金属粉末の平均粒径は、0.1μm以上15μm以下が好ましい。0.1μm未満になると比表面積が大きいため、前記酸素量の制御が困難となり、また15μmを超えると、完全に中空化するための反応時間が長くなるので経済的ではない。

【0056】前記金属粉末に焼結助剤として希土類酸化物が添加される。希土類酸化物は、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>から選ばれる少なくとも1種類を金属粉末に対して0.2mol%以上2.5mol%以下添加することが好ましい。0.2mol%未満では、金属の拡散が促進されず中空化が十分に行なわれない。また、2.5mol%以上では、全気孔率が低下しやすくなる。従来、セラミックスの焼結助剤として知られているFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などは、本実施の

形態の場合、中空化が十分行なわれないので好ましくない。

【0057】また、添加する焼結助剤の平均粒径は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。 $0.1\mu\text{m}$ 未満では、凝集などが生じやすくなるので取扱が困難となり、また $1\mu\text{m}$ 以上では、金属粉末の窒化または酸化反応が進行しにくくなる。また、金属粉末の表面の酸化膜が反応を妨げる場合は、上記焼結助剤に加えて、アルカリ金属あるいはアルカリ土類金属あるいはそれら金属の酸化物を第2の焼結助剤として添加することが好ましい。第2の焼結助剤の添加量は $0.1\text{mol}\%$ 以上 $1.5\text{mol}\%$ 以下が好ましく、その平均粒径は $0.1\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0058】金属粉末、焼結助剤および必要に応じて添加される有機バインダが、既存のボールミルや超音波混合などの方法により混合され、その後乾燥される。その後、混合物は所定の形状に成形され、成形体が得られる。この成形は、通常の乾式プレス成形法、押出し成形法、ドクターブレード成形法および射出成形法のような公知の成形法を用いることができ、所望する形状に合わせて品質上・生産上最も望ましい成形方法を選択することができる。なお成形に先立ち混合後の混合粉末を顆粒状に造粒し、予めその嵩密度を高め、成形性を高めることもできる。前記有機バインダは、成形性をさらに向上させる場合に添加するものである。

【0059】前記成形体を窒素または酸素を含有する雰囲気ガス中で熱処理することにより、金属の窒化または酸化反応を進行させることで、個々の金属粉末が中空化するとともに、反応した互いに隣り合う金属粉末の窒化物または酸化物同士が一体化し、微細な閉気孔を有する多孔質セラミックスを得ることができる。

【0060】図6および図7は、金属粉末が窒化もしくは酸化により中空化していく様子を示す模式図である。図6および図7を参照して、まず金属粉末1bの表面が窒化または酸化され、金属粉末1bの外周に窒化膜もしくは酸化膜1が形成される。熱処理を進めると、窒化あるいは酸化反応の際に、金属が外周の窒化物あるいは酸化物1側へ拡散して、窒化または酸化反応が進行していく。このように金属が外周側へ拡散することにより金属粉末1b中に空孔1aが形成され、金属粉末1bは中空化する。最終的には、金属粉末1bであった部分の大半が空孔1aとなり、空孔1aが閉気孔として形成される。このように複数の空孔1aが閉気孔として形成されることにより、窒化物または酸化物からなるセラミックスの緻密質部分1がネットワーク状に連続した構造を形成する。

【0061】中空化の度合いは、出発原料である金属粉末中に含まれる酸素量や、焼結助剤の種類あるいは熱処理方法によって異なる。個々の閉気孔の大きさは、基本的には、出発原料である金属粉末の粒度に依存する大

さとなるので、金属粉末の粒径が均一であれば、閉気孔の大きさは均一であり、粗大な閉気孔が含まれることはない。

【0062】熱処理は、カーボンヒータ炉などで行なうことができる。金属粉末の拡散を促進し、粒成長による中空構造の消失を抑制するために、マイクロ波を用いた熱処理を行なうことが好ましい。特に $20\text{GHz}$ 以上の周波数のマイクロ波を照射して加熱すると、金属粉末の外殻に形成される金属窒化物あるいは金属酸化物への金属の拡散をより促進することができるので、金属粉末の中空化が容易になるため好ましい。

【0063】熱処理温度は、出発原料の金属粉末によって好ましい温度範囲が異なるため、以下に、Siを窒化して $\text{Si}_3\text{N}_4$ の多孔質セラミックスを得る場合を例に挙げて詳述する。

【0064】Siを窒化する熱処理温度は、 $1200^\circ\text{C}$ 以上が好ましい。 $1200^\circ\text{C}$ 未満では金属粉末の窒化反応の進行が遅くなり、経済的ではない。また、カーボンヒータ加熱では $1500^\circ\text{C}$ 以下、マイクロ波加熱では $1750^\circ\text{C}$ 以下の温度が好ましい。これ以上の温度では金属窒化物の相変態や粒成長が生じるため、中空化構造が変化して本実施の形態の多孔質セラミックスを得ることが困難となる。

【0065】また、最高温度までの昇温は、2段階以上に分けて階段状に昇温するのが好ましい。これは、金属の窒化反応は発熱反応であるので、1度に最終焼結温度まで昇温すると、自らの発熱によって温度が金属の融点を超え、金属の溶融が発生するためである。金属の溶融が発生すると、未反応の溶融塊となり粗大な空孔が発生したり、成形体から溶出したりするので多孔質セラミックスの機械的、電気的特性の劣化を引起す。他の金属粉末を出発原料とする場合や酸化反応させる場合でも、温度条件は変わるが、2段階以上に分けて階段状に昇温することが好ましいことに変わりはない。

【0066】熱処理時の雰囲気は、窒化物を得ようとする場合は、 $\text{N}_2$ あるいは $\text{NH}_3$ を含む非酸化性雰囲気とする。酸化物を得ようとする場合は、 $\text{O}_2$ を含む酸化性雰囲気とする。いずれの場合も圧力に限定はないが、1気圧( $101\text{kPa}$ )以上5気圧( $507\text{kPa}$ )以下が好ましい。

【0067】以上のようにして得られる本実施の形態の基板1をなす多孔質セラミックスは、金属粉末の個々の粒子が中空化することにより、均一な径の空孔が分散した組織となり、実質的に無機セラミックス単一層の多孔質セラミックスである。このため、基板1を、耐吸湿性に優れ、低誘電率、低誘電損失である多孔質セラミックスから形成することができる。

【0068】この多孔質セラミックスでは、気孔率を30%以上にし、かつ全気孔中の閉気孔の割合を50%以上にすることができる。さらに、原料金属粉末の平均粒

径、表面の酸素量、焼結助剤の種類、焼結条件などを選べば、気孔率を50%以上に、全気孔中の閉気孔の割合を80%以上もしくは90%以上にすることもできる。

【0069】本実施の形態における基板1をなす多孔質セラミックスの任意の断面において、図4に示すように互いに隣り合う2つの空孔1aの半径をそれぞれ $r_1$ 、 $r_2$ とし、セラミックス部1の厚みを $b$ とすると、 $(r_1 + r_2) / b > 1$ となるものを得ることができる。つまり、原料金属粉末の平均粒径、表面の酸素量、焼結助剤の種類、焼結条件を選べば、空孔1aの直径がセラミックス部1の厚みの2倍以上とすることができる。より好ましくは、 $(r_1 + r_2) / b > 2$ である。このような組織にすることによって誘電損失をより低減することができる。

【0070】また、本実施の形態の基板1をなす多孔質セラミックスの誘電損失は、 $10^{-4}$ 程度以下となる。機械的特性として、3点曲げによる抗折強度は、150MPa以上であり、優れた電氣的、機械的特性を有する多孔質セラミックスが得られる。

【0071】このような多孔質のセラミックスよりなる基板1の表面にマイクロストリップライン3が形成され、かつ基板1の裏面にベース層5が形成されて、本実施の形態のマイクロストリップ基板が形成される。

【0072】なお、本実施の形態の多孔質セラミックスの材料系や製造方法は、限定されるものではないが、特に、 $Si_3N_4$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$ 、 $Al_2O_3$ などの材料において構造材料や電子材料として有用である。セラミックスの出発原料として、SiあるいはAlの金属粉末を用い、この金属粉末を窒化あるいは酸化させる反応過程で、金属元素の外殻への拡散を促進することによって、均一な空孔が微細に分散した多孔質セラミックスを容易に得ることができる。

【0073】次に、本発明の他の実施の形態におけるマイクロストリップ基板の構成について説明する。

【0074】図8、図9および図10は、本発明の他の実施の形態におけるマイクロストリップ基板の構成を概略的に示す斜視図、平面図および側面図である。図8～図10を参照して、本実施の形態のマイクロストリップ基板の構成は、上述した一実施の形態のマイクロストリップ基板の構成と比較して、ベース層の構成が異なる。すなわち、ベース層は、ガラス基板17と、そのガラス基板17の表面および裏面に形成されたGNDメタライズ層15、19とを有している。ガラス基板17は、たとえば $SiO_2$ よりなっている。またGNDメタライズ層15、19は、たとえばAuをメタライズすることにより形成されている。また、ベース層15、17、19の厚みの和はたとえば0.2mmである。

【0075】なお、これ以外の構成については、上述した一実施の形態の構成とほぼ同様であるため、同一の部材については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0076】

【実施例】（実施例1）まず、以下に示す5つのサンプルを作製した。

【0077】サンプル1：気孔率78%、閉気孔比率99%の多孔質 $Si_3N_4$ の基板とベース層とからなるマイクロストリップ基板。

【0078】サンプル2：気孔率60%、閉気孔比率80%の多孔質 $AlN$ の基板とベース層とからなるマイクロストリップ基板。

10 【0079】サンプル3：特開平8-228105号公報の実施例1に示された閉気孔の多孔質 $SiO_2$ の基板とベース層とからなるマイクロストリップ基板。

【0080】サンプル4：特開平8-228105号公報の比較例1に示された $SiO_2$ 基板からなるマイクロストリップ基板。

【0081】サンプル5：サンプル1と同じ多孔質 $Si_3N_4$ 基板単体からなり、ベース層を有しないマイクロストリップ基板。

20 【0082】以下、各サンプルの作製方法について説明する。

（A） サンプル1の作製方法

平均粒径 $1\mu m$ のSi粉末と焼結助剤として平均粒径 $0.8\mu m$ の $Yb_2O_3$ 粉末とを準備した。このとき、 $Yb_2O_3$ 粉末がSi粉末に対して0.8mol%となるように準備した。各粉末はいずれも市販のものである。なお、Si粉末表面の酸素量は、不活性ガス融解、赤外線検出法で測定し、 $SiO_2$ 換算で0.7mol%であることを予め確認したものを用意した。

30 【0083】準備した各粉末を、メチルアルコールを溶媒として、24時間ボールミル混合した。混合後、自然乾燥し、乾式プレスを用いて所定のサイズに成形した。この成形体を大気圧の窒素雰囲気中で周波数2.8GHzのマイクロ波加熱により、 $1200^\circ C$ で3時間保持した後 $1400^\circ C$ に昇温し3時間保持して焼結体を得た。得られた焼結体をX線回折したところ、金属Siは残存しておらずすべて $Si_3N_4$ になっていることを確認した。

40 【0084】2段階で昇温した理由は、シリコンの窒化反応が、 $1400^\circ C$ において発熱反応（ $Si + 2/3 N_2 = 1/3 Si_3N_4 + 64 kJ$ ）であるので、1度に $1400^\circ C$ まで昇温すると自らの発熱によって、温度が $1400^\circ C$ 以上になりSiの溶融などが発生したためである。

【0085】自然冷却後、長手方向の寸法が5mm、短手方向の寸法が2mm、厚みが0.25mmとなるように仕上げ加工を施した。

50 【0086】このようにして得られたセラミックス多孔体よりなる基板表面に、マスク蒸着法でAuをメタライズすることによりマイクロストリップラインを形成した。マイクロストリップラインの線幅は0.9mmとした。また、5mm×2mm×0.1mm<sup>3</sup>のコパール板



を切り出し、その表面にAuめっきを2 $\mu$ mの厚みで施したものをベース層として用い、基板の裏面にロウ付けして、マイクロストリップ基板を形成した。

【0087】上記において基板となる焼結体に仕上げ加工を施した時点で、焼結体の気孔率と全気孔中の閉気孔の割合とを測定した。その測定は、以下に行なった。

【0088】気孔率は、焼結体の寸法と重量から見かけの密度を算出し、また理論密度を焼結助剤の添加量から混合則により計算して求め、 $(1 - \text{見かけ密度} / \text{理論密度}) \times 100 (\%)$  の式から求めた。

【0089】全気孔中の閉気孔の割合(閉気孔比率)は、水銀ポロシメータにより、まず開気孔容積を測定し、 $(\text{全気孔容積} - \text{開気孔容積}) / \text{全気孔容積} \times 100 (\%)$  の式により算出した。

【0090】その結果、多孔質 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 基板の気孔率は78%で、閉気孔比率は99%であった。

【0091】(B) サンプル2の作製方法  
平均粒径5 $\mu$ mのAl粉末と焼結助剤として平均粒径0.8 $\mu$ mの $\text{Y}_2\text{O}_3$ 粉末および平均粒径0.5 $\mu$ mのMgOとを準備した。このとき、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 粉末がSi粉末に対して0.2mol%となるように、かつMgO粉末がSi粉末に対して0.6mol%となるように準備した。各粉末はいずれも市販のものである。なお、Al粉末表面の酸素量は、サンプル2と同様の方法で測定し、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 換算で0.7mol%であることを予め確認したものを用意した。

【0092】準備した各粉末を、メチルアルコールを溶媒として、24時間ボールミル混合した。混合後、自然乾燥し、乾式プレスを用いて所定のサイズに成形した。この成形体を大気圧の窒素雰囲気中で周波数28GHzのマイクロ波加熱により、900℃で3時間保持した後1250℃に昇温し3時間保持して焼結体を得た。得られた焼結体をX線回折したところ、金属Alは残存しておらずすべてAlNになっていることを確認した。自然冷却後、長手方向の寸法が5mm、短手方向の寸法が2mm、厚みが0.25mmとなるように仕上げ加工を施した。

【0093】このようにして得られたセラミックス多孔体よりなる基板表面に、マスク蒸着法でAuをメタライズすることによりマイクロストリップラインを形成した。マイクロストリップラインの線幅は0.5mmとした。また、5mm $\times$ 2mm $\times$ 0.1mm<sup>3</sup>のコパール板を切り出し、その表面にAuめっきを2 $\mu$ mの厚みで施したものをベース層として用い、基板の裏面にロウ付けして、マイクロストリップ基板を形成した。

【0094】上記において基板となる焼結体に仕上げ加工を施した時点で、サンプル1と同様にして焼結体の気孔率と全気孔中の閉気孔の割合とを測定した。その結果、多孔質AlN基板の気孔率は60%で、閉気孔比率

は80%であった。

【0095】(C) サンプル3の作製方法

まず5mm $\times$ 2mm $\times$ 0.1mm<sup>3</sup>のコパール板を切り出し、表面にAuめっきを2 $\mu$ mの厚みで施した。珪酸エチル $[\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4]$ をエタノールで10倍に希釈し、これに水と触媒であるアンモニアを加えることによって、加水分解とゲル化を生じさせた。これにより、液相部分がアルコールよりなるシリカ湿潤ゲルを生成した。この得られたシリカ湿潤ゲルを、ガラスで作製した内のり5.1mm $\times$ 2.1mm $\times$ 0.35mm<sup>3</sup>の升の中にコパール板を入れた上に入れた。その升をオートクレーブ中で243℃、6.38MPaの条件下で超臨界乾燥を施した。

【0096】このようにして得られた金属ベース付基板の表面にマスク蒸着法で、Auをメタライズすることにより、線幅1mmのマイクロストリップラインを形成して、マイクロストリップ基板を形成した。

【0097】(D) サンプル4の作製方法

5mm $\times$ 2mm $\times$ 0.25mm<sup>3</sup>の $\text{SiO}_2$ 基板の裏面に全面メタライズを施し、表面に線幅0.5mmのマイクロストリップラインをAuメタライズで形成して、マイクロストリップ基板を形成した。

【0098】(E) サンプル5の作成方法

サンプル1と同じ方法で多孔質 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 基板を形成し、その基板表面に線幅0.9mmのマイクロストリップラインをAuメタライズで形成した。

【0099】このようにして得られた5つのサンプルについて、伝送損失をネットワークアナライザで測定し、He(ヘリウム)リークディテクタにより気密性を評価した。その結果を表2および表3に示す。

【0100】

【表2】

	損失(dB)		
	30GHz	70GHz	110GHz
サンプル1	0.3	0.4	0.5
サンプル2	0.4	0.7	0.9
サンプル3	0.6	2.1	4.2
サンプル4	0.7	2.5	3.8

【0101】

【表3】

	気密性評価結果 atm $\cdot$ cc/sec	
サンプル1	$5 \times 10^{-9}$	○
サンプル2	$1 \times 10^{-8}$	○
サンプル3	$>1 \times 10^{-5}$	×
サンプル4	$4 \times 10^{-9}$	○

【0102】表2および表3の結果より、サンプル1および2は、高周波帯域においても伝送損失が小さく、かつ気密性も良好であることが判明した。

【0103】（実施例2）実施例1で作製したサンプル1～5について引張強度試験器を用いて引張強度を測定した。その結果を表4に示す。

【0104】

【表4】

	引張強度 (kg)
サンプル1	20
サンプル2	23
サンプル3	11
サンプル4	5
サンプル5	7

10

時間(s)	0	200	400	600	800	1200
サンプル1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
サンプル3	0.6	1.2	1.6	1.8	2	2.2

【0108】表5の結果より、サンプル1では、サンプル3と比較して30GHzにおける伝送特性が経時的に変化しないことがわかった。

【0109】以上の結果から、本発明のマイクロストリップ基板は、特に高周波帯域において低損失でかつ気密性が必要な用途にも適用可能であり、かつベース層を設けたことによりさらに高強度が得られていることがわかる。

【0110】今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0111】

【発明の効果】以上説明したように本発明のマイクロストリップ基板によれば、基板に気孔率が30%以上で、全気孔中の閉気孔の割合が50%以上のセラミックス多孔体を含ませることにより、樹脂、有機物など損失や気密性阻害の要因となる成分を含有させることなく、高周波の伝送損失を低減し、かつ気密性および耐熱性に優れたマイクロストリップ基板を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態におけるマイクロスト

【0105】表4の結果より、サンプル1および2は、サンプル3～5と比較して引張強度が高くなることが判明した。

【0106】（実施例3）大気または加湿雰囲気中における信頼性評価を目的として、湿度80%の雰囲気中で30GHzにおける伝送特性の経時変化を測定した。その結果を表5に示す。

【0107】

【表5】

リップ基板の構成を示す斜視図である。

【図2】 本発明の一実施の形態におけるマイクロストリップ基板の構成を示す平面図である。

【図3】 本発明の一実施の形態におけるマイクロストリップ基板の構成を示す側面図である。

【図4】 本発明の一実施の形態におけるマイクロストリップ基板に用いられる基板の断面構成を示す図である。

【図5】 従来のマイクロストリップ基板に用いられる基板の断面構成を示す図である。

【図6】 金属粉末が中空化する様子を示す工程図である。

【図7】 1つの金属粉末が中空化する様子を示す工程図である。

【図8】 本発明の他の実施の形態におけるマイクロストリップ基板の構成を示す斜視図である。

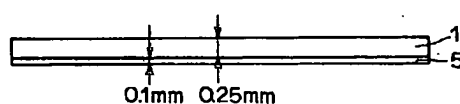
【図9】 本発明の他の実施の形態におけるマイクロストリップ基板の構成を示す平面図である。

【図10】 本発明の他の実施の形態におけるマイクロストリップ基板の構成を示す側面図である。

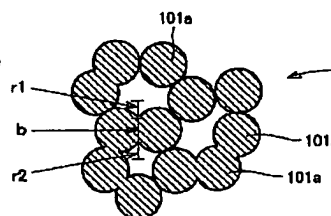
【符号の説明】

1 基板、3 マイクロストリップライン、5 ベース層、15、19 GNDメタライズ層、17 ガラス基板。

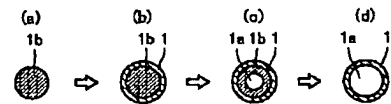
【図3】



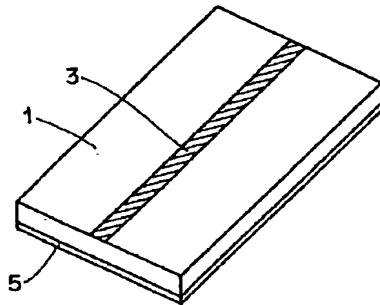
【図5】



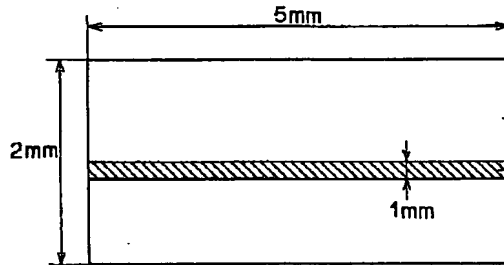
【図7】



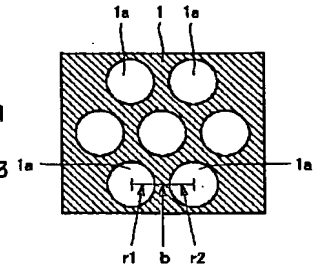
【図1】



【図2】

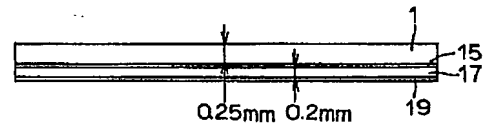


【図4】

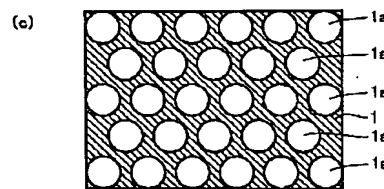
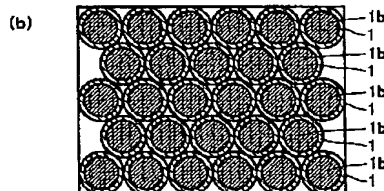
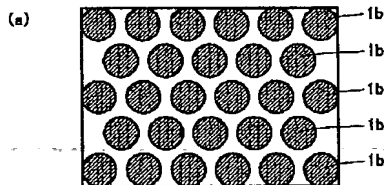


1: 基板  
3: マイクロストリップライン  
5: パース層

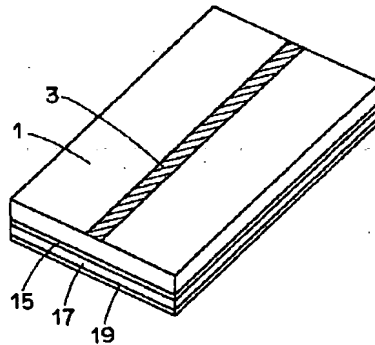
【図10】



【図6】

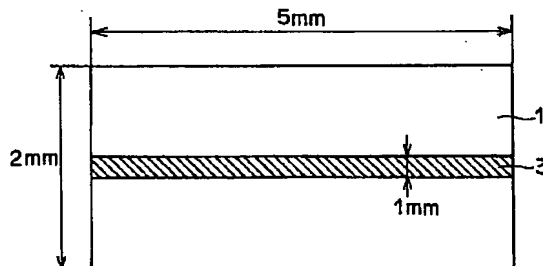


【図8】



15: GNDメタライズ

【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**